

Appl. No. 09/818,600

(translation of the front page of the priority document of  
Japanese Patent Application No. 2000-364231)

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the  
following application as filed with this Office.

Date of Application: November 30, 2000

Application Number : Patent Application 2000-364231

Applicant(s) : Mixed Reality Systems Laboratory Inc.

May 11, 2001

Commissioner,  
Patent Office

Kouzo OIKAWA

Certification Number 2001-3037574

1201-0075V3

CFZ00087



日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年11月30日

出願番号

Application Number:

特願2000-364231

出願人

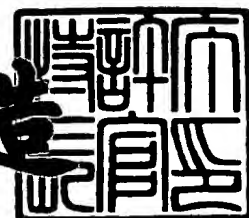
Applicant(s):

株式会社エム・アール・システム研究所

2001年 5月11日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3037574

【書類名】 特許願

【整理番号】 MR12106

【提出日】 平成12年11月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 7/00

【発明の名称】 位置姿勢合わせ装置及びその方法並びに記憶媒体

【請求項の数】 13

【発明者】

    【住所又は居所】 横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花咲ビル 株  
                                 式会社エム・アール・システム研究所内

    【氏名】 武本 和樹

【発明者】

    【住所又は居所】 横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花咲ビル 株  
                                 式会社エム・アール・システム研究所内

    【氏名】 大島 登志一

【発明者】

    【住所又は居所】 横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花咲ビル 株  
                                 式会社エム・アール・システム研究所内

    【氏名】 内山 晋二

【発明者】

    【住所又は居所】 横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花咲ビル 株  
                                 式会社エム・アール・システム研究所内

    【氏名】 佐藤 清秀

【特許出願人】

    【識別番号】 397024225

    【氏名又は名称】 株式会社エム・アール・システム研究所

【代理人】

    【識別番号】 100076428

    【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 康德

【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100101306

【弁理士】

【氏名又は名称】 丸山 幸雄

【電話番号】 03-5276-3241

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9712688

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 位置姿勢合わせ装置及びその方法並びに記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 現実空間を撮像して表示画面を表示し、その表示画面に仮想空間を重畳表示するとき、あるいは、現実空間を撮像すると共に表示装置に現実空間を光学的に透過させつつ、その表示画面に仮想空間を重畳表示するときに必要な現実空間と仮想空間との位置姿勢合わせを行う位置姿勢合わせ装置であって、

現実空間と仮想空間との重畳表示を行う以前の前段階において、前記 2 つの座標系間の関係を予め導出しておく座標変換導出手段を備えることを特徴とする位置姿勢合わせ装置。

【請求項 2】 更に、現実空間を撮像する撮像手段の位置姿勢を示す 6 自由度のパラメータを、撮像された画像を利用する以外の方法で計測する計測手段と、

撮像する現実空間内の対象の位置情報を格納する位置格納手段と、

前記計測手段による前記撮像手段の位置姿勢パラメータと、前記位置格納手段に格納された前記位置情報に基づいて、前記対象が存在すると推定される場所に前記対象を、表示されたあるいは透過して見える現実空間に重ねて重畳表示する重畳表示手段と、

前記重畳表示手段において、現実空間の前記対象と仮想空間の前記対象とが一致して表示されるように、現実空間と仮想空間との間の座標系変換を算出する座標系変換算出手段と

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の位置姿勢合わせ装置。

【請求項 3】 現実空間を撮像して表示画面に表示する撮像手段の位置姿勢を計測する計測手段と、当該計測手段による計測結果に基づいて前記撮像手段の位置姿勢を示すパラメータを生成する生成手段を有し、当該生成手段による前記パラメータを用いて前記撮像手段の位置姿勢合わせを行う位置姿勢合わせ装置であって、

前記撮像手段が撮像する対象の位置情報を格納する位置格納手段と、

前記計測手段による前記撮像手段の位置姿勢を示すパラメータと、前記位置格納手段に格納された前記位置情報に基づいて、当該撮像対象の画像を生成する画像生成手段と、

前記画像生成手段により生成された画像と、前記撮像手段により撮像された画像とが前記表示画面において一致するように前記パラメータを補正する補正手段と

を備えることを特徴とする位置姿勢合わせ装置。

【請求項 4】 前記撮像手段は HMD であることを特徴とする請求項 3 に記載の位置姿勢合わせ装置。

【請求項 5】 前記撮像手段が撮像する対象は現実空間内に配置されるマーカを含むことを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の位置姿勢合わせ装置。

【請求項 6】 前記計測手段は磁気センサであることを特徴とする請求項 3 に記載の位置姿勢合わせ装置。

【請求項 7】 前記補正手段は前記映像生成手段により生成された前記映像と、前記撮像手段により撮像された映像とが前記撮像面において一致するように前記撮像手段を仮想的に平行移動、回転した際の変更分を用いて前記パラメータを補正することを特徴とする請求項 3 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の位置姿勢合わせ装置。

【請求項 8】 現実空間を撮像して表示画面を表示し、その表示画面に仮想空間を重畳表示するとき、あるいは、現実空間を撮像すると共に表示装置に現実空間を光学的に透過させつつ、その表示画面に仮想空間を重畳表示するときに必要な現実空間と仮想空間との位置姿勢合わせを行う位置姿勢合わせ方法であって、

現実空間と仮想空間との重畳表示を行う以前の前段階において、前記 2 つの座標系間の関係を予め導出しておく座標変換導出工程を備えることを特徴とする位置姿勢合わせ方法。

【請求項 9】 更に、現実空間を撮像する撮像手段の位置姿勢を示す 6 自由度のパラメータを、撮像された画像を利用する以外の方法で計測する計測工程と

前記計測工程による前記撮像手段の位置姿勢パラメータと、撮像する現実空間内の対象の位置情報を格納する所定の位置格納手段に格納された前記位置情報に基づいて、前記対象が存在すると推定される場所に前記対象を、表示されたあるいは透過して見える現実空間に重ねて重畳表示する重畳表示工程と、

前記重畳表示工程において、現実空間の前記対象と仮想空間の前記対象とが一致して表示されるように、現実空間と仮想空間との間の座標系変換を算出する座標系変換算出工程と

を備えることを特徴とする請求項 8 に記載の位置姿勢合わせ方法。

【請求項 1 0】 現実空間を撮像して表示画面に表示する撮像手段の位置姿勢を計測する計測工程と、当該計測工程による計測結果に基づいて前記撮像手段の位置姿勢を示すパラメータを生成する生成工程を有し、当該生成工程による前記パラメータを用いて前記撮像手段の位置姿勢合わせを行う位置姿勢合わせ方法であって、

前記計測工程による前記撮像手段の位置姿勢を示すパラメータと、前記撮像手段が撮像する対象の位置情報を格納する所定の位置格納手段に格納された当該位置情報に基づいて、当該撮像対象の画像を生成する画像生成工程と、

前記画像生成工程で生成された画像と、前記撮像手段により撮像された画像とが前記表示画面において一致するように前記パラメータを補正する補正工程とを備えることを特徴とする位置姿勢合わせ方法。

【請求項 1 1】 現実空間を撮像して表示画面を表示し、その表示画面に仮想空間を重畳表示するとき、あるいは、現実空間を撮像すると共に表示装置に現実空間を光学的に透過させつつ、その表示画面に仮想空間を重畳表示するときに必要な現実空間と仮想空間との位置姿勢合わせを行う位置姿勢合わせ処理のプログラムコードを格納し、コンピュータが読み読み取り可能な記憶媒体であって、

現実空間と仮想空間との重畳表示を行う以前の前段階において、前記 2 つの座標系間の関係を予め導出しておく座標変換導出工程のプログラムコードを備えることを特徴とする記憶媒体。

【請求項 1 2】 更に、現実空間を撮像する撮像手段の位置姿勢を示す 6 自由度のパラメータを、撮像された画像を利用する以外の方法で計測する計測工程

のプログラムコードと、

前記計測工程による前記撮像手段の位置姿勢パラメータと、撮像する現実空間内の対象の位置情報を格納する所定の位置格納手段に格納された前記位置情報に基づいて、前記対象が存在すると推定される場所に前記対象を、表示されたあるいは透過して見える現実空間に重ねて重畳表示する重畳表示工程のプログラムコードと、

前記重畳表示工程において、現実空間の前記対象と仮想空間の前記対象とが一致して表示されるように、現実空間と仮想空間との間の座標系変換を算出する座標系変換算出工程のプログラムコードと

を備えることを特徴とする請求項 1 1 に記載の記憶媒体。

【請求項 1 3】 現実空間を撮像して表示画面に表示する撮像手段の位置姿勢を計測する計測工程のプログラムコードと、当該計測工程による計測結果に基づいて前記撮像手段の位置姿勢を示すパラメータを生成する生成工程のプログラムコードを有し、当該生成工程による前記パラメータを用いて前記撮像手段の位置姿勢合わせを行う位置姿勢合わせ処理のプログラムコードを格納し、コンピュータが読み取り可能な記憶媒体であって、

前記計測工程による前記撮像手段の位置姿勢を示すパラメータと、前記撮像手段が撮像する対象の位置情報を格納する所定の位置格納手段に格納された当該位置情報に基づいて、当該撮像対象の画像を生成する画像生成工程のプログラムコードと、

前記画像生成工程で生成された画像と、前記撮像手段により撮像された画像とが前記表示画面において一致するように前記パラメータを補正する補正工程のプログラムコードと

を備えることを特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、現実空間を撮像して表示画面を表示し、その表示画面に仮想空間を重畳表示するとき、あるいは、現実空間を撮像すると共に表示装置に現実空間を



光学的に透過させつつ、その表示画面に仮想空間を重畳表示するときに必要な現実空間と仮想空間との位置姿勢合わせを行う位置姿勢合わせ装置及びその方法並びに記憶媒体に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

近年、複合現実感（以下、「MR」（Mixed Reality）と称す）に関する研究が盛んに行われている。MRとは現実空間と仮想空間の繋ぎ目のない結合を目的とし、バーチャルリアリティ（以下、VRと称す）において重要な技術である。

## 【 0 0 0 3 】

MRは従来、現実空間と切り離された状況でのみ体験可能であったVRの世界と現実空間の共存を目的とし、VRを増強する技術として注目されている。

## 【 0 0 0 4 】

MRの応用としては、患者の体内の様子を透視しているかのように医師に提示する医療補助の用途や、工場において製品の組み立て手順を実物に重ねて表示する作業補助の用途など、今までのVRとは質的に全く異なった新たな分野が期待されている。

## 【 0 0 0 5 】

これらの応用に対して共通に要求されるのは、現実空間と仮想空間の間の”ずれ”をいかにして取り除くかという技術である。”ずれ”は、位置ずれ、時間ずれ、質的ずれに分類可能であり、この中で最も基本的な要求といえる位置ずれの解消については、従来から多くの取り組みが行われてきた。ビデオカメラで撮影された映像に仮想物体を重畳するビデオシースルー方式のMRの場合、位置姿勢合わせの問題は、そのビデオカメラの3次元位置姿勢を正確に求める問題に帰結される。また半透過型のHMD（Head Mount Display）を用いるシースルー方式のMRの場合における位置姿勢合わせの問題は、ユーザの視点の3次元位置姿勢を求める問題と言える。これらの問題を解決する方法として磁気センサや超音波センサ、ジャイロなどを利用してビデオカメラやユーザの視点の3次元位置姿勢を計測することが一般的である。

【 0 0 0 6 】

正確な位置姿勢合わせを実現するには初期位置姿勢合わせが必要になる。初期位置姿勢あわせとはそれぞれ独立して存在しているセンサ座標系（後述の交流磁界発生源の位置を中心とする座標系）と現実空間座標系とを対応させ、3次元位置姿勢検出装置の出力が現実空間の座標系に合うように調整を行い、3次元位置姿勢検出装置、例えば磁気センサの出力が現実空間上での動きに整合するように調整する作業である。具体的には、3次元位置姿勢検出装置である磁気センサの受信する信号が交流磁界発生源の置かれている場所や角度によって変化するために、交流磁界発生源を規定の場所に固定し、磁気センサの出力を現実空間上の複数点で観測して現実空間座標系とセンサ座標系との対応を調整する事である。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記のように磁気センサの出力を現実空間上の複数点で観測する際、人手を介しており、また、周りの磁場環境にも影響されるので必ずしも磁気センサを理想の位置姿勢で計測できるとは限らない。また、その誤差により正確な視点またはカメラの位置姿勢を計測することが出来ず、位置ずれの原因となる。また、仮想空間上に没入するVRならばセンサの誤差による多少の位置ずれであれば仮想空間も同時にずれるのであまり気にならないが、MRの場合だと現実空間の物体と仮想の物体とを重ねるため、位置がずれていると没入感が損なわれるため改善が求められている。

【 0 0 0 8 】

本発明は以上の問題に鑑みてなされたものであり、撮像装置により撮像された画像と、この撮像装置の位置姿勢に基づいて生成される画像との位置ずれを補正することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明の問題点を解決する為に、例えば本発明の位置姿勢合わせ装置は以下の構成を備える。すなわち、

現実空間を撮像して表示画面を表示し、その表示画面に仮想空間を重ね表示す

るとき、あるいは、現実空間を撮像すると共に表示装置に現実空間を光学的に透過させつつ、その表示画面に仮想空間を重畳表示するときに必要な現実空間と仮想空間との位置姿勢合わせを行う位置姿勢合わせ装置であって、

現実空間と仮想空間との重畳表示を行う以前の前段階において、前記 2 つの座標系間の関係を予め導出しておく座標変換導出手段を備える。

【 0 0 1 0 】

更に、現実空間を撮像する撮像手段の位置姿勢を示す 6 自由度のパラメータを、撮像された画像を利用する以外の方法で計測する計測手段と、

撮像する現実空間内の対象の位置情報を格納する位置格納手段と、

前記計測手段による前記撮像手段の位置姿勢パラメータと、前記位置格納手段に格納された前記位置情報に基づいて、前記対象が存在すると推定される場所に前記対象を、表示されたあるいは透過して見える現実空間に重ねて重畳表示する重畳表示手段と、

前記重畳表示手段において、現実空間の前記対象と仮想空間の前記対象とが一致して表示されるように、現実空間と仮想空間との間の座標系変換を算出する座標系変換算出手段と

を備える。

【 0 0 1 1 】

本発明の問題点を解決する為に、例えば本発明の位置姿勢合わせ装置は以下の構成を備える。すなわち、

現実空間を撮像して表示画面に表示する撮像手段の位置姿勢を計測する計測手段と、当該計測手段による計測結果に基づいて前記撮像手段の位置姿勢を示すパラメータを生成する生成手段を有し、当該生成手段による前記パラメータを用いて前記撮像手段の位置姿勢合わせを行う位置姿勢合わせ装置であって、

前記撮像手段が撮像する対象の位置情報を格納する位置格納手段と、

前記計測手段による前記撮像手段の位置姿勢を示すパラメータと、前記位置格納手段に格納された前記位置情報に基づいて、当該撮像対象の画像を生成する画像生成手段と、

前記画像生成手段により生成された画像と、前記撮像手段により撮像された画

像とが前記表示画面において一致するように前記パラメータを補正する補正手段と

を備える。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下添付図面を参照して、本発明を好適な実施形態に従って詳細に説明する。

【0013】

〔第1の実施形態〕

以下、本発明の画像処理装置、ゲーム装置の初期位置姿勢合わせを、例えば、MR技術を利用したエアホッケーゲーム装置に適用する場合の詳細を説明する。

【0014】

エアホッケーゲームは相手の存在する対戦型のゲームであり、通常下部から圧縮空気を供給してパックを浮かして、このパックを打ち合い、相手のゴールにパックを入れたら得点が入る。得点の多い方を勝者とするゲームである。本実施形態のMR技術を適用したエアホッケーゲームは、パックを仮想3次元画像として現実環境のテーブルに重畳してプレーヤに提示して、現実のマレットで打ち合うものである。

【0015】

＜ゲーム装置の構成＞

第1図は、本実施形態のシステムのゲーム装置部分を側面から見た図である。

MR技術を使ったエアホッケーゲームは、テーブル1000を挟んで、二人の対戦者2000、3000が手にマレット（260L、260R）をもって向かい合う。二人の対戦者2000、3000は頭部にヘッドマウントディスプレイ210L、210R（以下HMDと略す）を装着する。本実施形態のマレット（260L、260R）はその先端に赤外線発光器を有しており、マレットの位置検出には赤外線発光器から発せられた赤外線を用いる。その詳細については後述する。又その他のマレットの位置検出方法としてマレットの形状や色に特徴があるのであれば、それらの特徴を用いたパターン認識により行っても良い。

【0016】

本実施形態のHMD210L、210Rは、第3図に示すようにシースルー型である。同図に示すHMDについての詳細な説明は後述する。両対戦者2000、3000はHMD210L、210Rを装着していてもテーブル1000の表面を観察することができる。またHMD210L、210Rには後述の画像処理システムから3次元仮想画像が入力される。従って、対戦者2000、3000は、HMD210L、210Rの光学系（第1図には不図示）を通した現実空間の映像に重ねて、HMD210L、210Rの表示画面に表示された3次元仮想画像を見ることとなる。

【0017】

第2図は、左側プレーヤ2000が自身のHMD210Lからみた映像を示す。二人のプレーヤは仮想映像によるパック1500を打ち合う。パック1500を打つのはプレーヤ2000が手に握っている現実のマレット260Lを用いる。プレーヤ2000は手にマレット260Lを握っている。相手プレーヤ3000の直前にはゴール1200Rが見える。画像処理システム（第2図には不図示）は、ゴール1200Rが相手方近傍に見えるように、3次元CGを生成してHMD210Lに表示する。

【0018】

対するプレーヤ3000も、HMD210Rを介してプレーヤ3000の近傍にゴール（不図示）を見ることとなる。パック1500も不図示の画像処理システムにより生成されて、各々のHMDに表示される。

【0019】

<磁気センサつきHMD>

第3図は、HMD210の構成を示す。このHMD210はシースルー型のHMDで、例えば特開平7-333551号公報のHMDの本体に、磁気センサ220を支柱221を介して取り付けたものである。図中、211はLCD表示パネルである。LCD表示パネル211からの光（観察者に対して提供される映像）は、光学部材212に入射し、全反射面214にて反射して、凹面ミラー213の全反射面にて反射して、全反射面214を透過して観察者の目に届く。

【 0 0 2 0 】

磁気センサ 2 2 0 は観察者の頭部の位置姿勢を計測する。この磁気センサ 2 2 0 には本実施形態ではPolhemus社の磁気センサFastrackを用いた。磁気センサは磁気ノイズに弱いので、支柱 2 2 1 により、ノイズ発生源である表示パネル 2 1 1 及びカメラ 2 4 0 から離間した。

【 0 0 2 1 】

尚、第 3 図に示したHMD 2 1 0 に磁気センサ 2 2 0 及び（又は）カメラ 2 4 0 を取り付ける構成は光学的シースルー方式のHMDに限らず、ビデオシースルー方式のHMDであっても、磁気センサ及び（又は）カメラを観察者の頭部位置及び姿勢を正確に検出する目的で、そのHMDに装着することは可能である。

【 0 0 2 2 】

第 1 図において、夫々のHMD 2 1 0 L、2 1 0 Rはバンド（不図示）によってプレーヤ 2 0 0 0、3 0 0 0 の頭部に固定される。プレーヤの夫々の頭部には第 1、3 図に示すように磁気センサ 2 2 0、撮像手段としてのCCDカメラ 2 4 0（2 4 0 L、2 4 0 R）が、それぞれ固定されている。カメラ 2 4 0 の視界はプレーヤの前方に設定されている。エアーホッケーゲームの場合には、それぞれテーブル 1 0 0 0 の上面を見ることとなるので、カメラ 2 4 0 もテーブル 1 0 0 0 の表面を撮像する。磁気センサ 2 2 0（2 2 0 L、2 2 0 R）は、交流磁界発生源 2 5 0 が発する交流磁界の変化をセンスする。そして公知の方法によりその変化に応じたプレーヤの頭部の位置姿勢を計測する。

【 0 0 2 3 】

プレーヤがテーブル 1 0 0 0 の表面を見るために斜め下方を向くと、プレーヤの頭部の位置姿勢の変化は磁気センサ 2 2 0（2 2 0 L、2 2 0 R）により検知され、この検知された位置姿勢の変化に基づいてHMD 2 1 0 を通した視界には、テーブル 1 0 0 0 の表面と、前述の仮想のパック 1 5 0 0、現実のマレット 2 6 0（2 6 0 L、2 6 0 R）、仮想のゴール 1 2 0 0（1 2 0 0 L、1 2 0 0 R）が見える。このように常にプレーヤの頭部の位置姿勢の変化は磁気センサ 2 2 0 により検知され、検知された位置姿勢に基づいた映像及び現実空間をプレーヤは見ることになる。

## 【 0 0 2 4 】

## ＜初期位置姿勢合わせ時の装置の構成＞

第 4 図は本実施形態のゲーム装置の初期位置姿勢合わせをする場合の概要を示している。

## 【 0 0 2 5 】

まず、交流磁界発生源 2 5 0 を任意の位置に固定させておく。交流磁界発生源 2 5 0 が固定されていない場合、現実空間座標系 8 0 0 0 上のセンサ座標系 8 0 1 0（交流磁界発生源 2 5 0 の位置を中心とする座標系）が固定されず、磁気センサ 2 2 0 L の正確な現実空間上の位置姿勢が測定できない。

## 【 0 0 2 6 】

次にキャリブレーショングリッド 6 0 0 0 を現実空間上の固定位置に配置し、キャリブレーショングリッド 6 0 0 0 上の規定の位置（測定点）に HMD 2 1 0 L を配置する。この規定の位置は複数あり、本実施形態ではキャリブレーショングリッド 6 0 0 0 上の 4 点において磁気センサ 2 2 0 L の出力を測定する。キャリブレーショングリッド 6 0 0 0 は磁気センサ 2 2 0 L が交流磁界発生源 2 5 0 の出力する交流磁界を受信する時に影響を受けないように例えば複数のプラスチックパイプを組み上げて出来ているものであり、キャリブレーショングリッド 6 0 0 0 を現実空間の規定の場所に置く事により、現実空間内での磁気センサ 2 2 0 L の位置姿勢を求めることができる。そして磁気センサ 2 2 0 L により測定された結果（磁気センサ 2 2 0 L の位置姿勢を示す信号）は補正部 5 0 5 5 L に入力される。

## 【 0 0 2 7 】

磁気センサ 2 2 0 L により測定された磁気センサ 2 2 0 L の位置姿勢はセンサ座標系 8 0 1 0 におけるものなので、これを現実空間座標系 8 0 0 0 におけるものにするために、磁気センサ 2 2 0 L により測定された 4 点のうち 3 点の結果に基づいてセンサ座標系 8 0 1 0 から現実空間座標系 8 0 0 0 への変換行列を算出し、磁気センサ 2 2 0 L の現実空間座標系での位置と姿勢を推定する。算出された 3 点における夫々の位置姿勢のデータは後述のメモリ（第 5 図のメモリ 5 0 4 5 L）内に格納され、必要に応じて読み出され、用いられる。具体的な推定方法に

ついて以下説明する。

【0028】

第18図は磁気センサによる磁気センサの位置姿勢の測定方法について説明する概念図である。現実空間座標系における原点を $O_W$ 、現実空間座標系における $x$ 、 $y$ 、 $z$ 軸を夫々 $X_W$ 、 $Y_W$ 、 $Z_W$ 、センサ座標系における原点を $O_S$ 、センサ座標系における $x$ 、 $y$ 、 $z$ 軸を夫々 $X_S$ 、 $Y_S$ 、 $Z_S$ 、上述の3点のセンサ座標系における測定点を $P_O$ 、 $P_Z$ 、 $P_{ZX}$ とする。その際、上述の3点 $P_O$ 、 $P_Z$ 、 $P_{ZX}$ は以下の条件を満たさなくてはならない。

【0029】

・ $(P_Z - P_O)$ のベクトルは現実空間座標系における $Z_W$ の方向の単位ベクトルと平行でなければならない。

【0030】

・ $P_{ZX}$ は $P_O$ 、 $P_Z$ 、 $P_{ZX}$ の3点を含む平面が現実空間座標系での $z-x$ 平面と平行になるような点で、かつ $x$ 成分の値が正でなければならない。

【0031】

この条件に基づいて上述のセンサ座標系8010から現実空間座標系8000への変換行列を以下の順で求める。まず、センサ座標系の $z$ 軸方向単位ベクトル $Z_S$ を求める。

【0032】

$$Z_S = (P_Z - P_O) / |P_Z - P_O|$$

またセンサ座標系内の $z-x$ 平面内のベクトルを $v_{ZX}$ とすると、 $v_{ZX}$ は、

$$v_{ZX} = P_{ZX} - P_O$$

となる。よって上述の $Z_S$ と $v_{ZX}$ からセンサ座標系の $y$ 軸方向の単位ベクトル $Y_S$ が以下のようにして求めることができる。

【0033】

$$Y_S = (Z_S \times v_{ZX}) / |Z_S \times v_{ZX}|$$

また上述の $Z_S$ 、 $Y_S$ からセンサ座標系の $x$ 軸方向の単位ベクトル $X_S$ が以下のようにして求めることができる。

【0034】



$$X_S = Y_S \times Z_S$$

以上の計算により求めた  $X_S$ 、 $Y_S$ 、 $Z_S$  単位方向ベクトルにより現実空間座標系におけるセンサ座標系の姿勢を決定することができる。 $X_S = (X_X, Y_X, Z_X)$ 、 $Y_S = (X_Y, Y_Y, Z_Y)$ 、 $Z_S = (X_Z, Y_Z, Z_Z)$  とすると求める変換行列の回転行列  $R_{M1}$  (現実空間座標系におけるセンサ座標系の姿勢) は以下になる。

【0035】

【数1】

$$R_{M1} = \begin{bmatrix} X_x & X_y & X_z & 0 \\ Y_x & Y_y & Y_z & 0 \\ Z_x & Z_y & Z_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0036】

次に現実空間座標系におけるセンサ座標系の位置を求める。以下に示す方法では  $P_O$  を用いるが、 $P_O$  以外にも  $P_Z$ 、 $P_{ZX}$  や他のキャリブレーショングリッド上の既知の点であれば用いても良い。

【0037】

ここで現実空間座標系における  $P_O$  の値を  $v_O$  とすると、現実空間座標系における  $O_S$  の値  $v_{OS}$  は以下のようにして求めることができる。

【0038】

$$v_{OS} = v_O - P_O = (x_{vO} - x_{PO}, y_{vO} - y_{PO}, z_{vO} - z_{PO})$$

その結果、変換行列の平行移動行列 (現実空間座標系におけるセンサ座標系の位置) は、

【0039】

【数 2】

$$T_{M1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ x_{v0} - x_{p0} & y_{v0} - y_{p0} & z_{v0} - z_{p0} & 1 \end{bmatrix}$$

と表すことができ、その結果変換行列  $M_1$  は以下ようになる。

【0 0 4 0】

【数 3】

$$M_1 = \begin{bmatrix} X_x & X_y & X_z & 0 \\ Y_x & Y_y & Y_z & 0 \\ Z_x & Z_y & Z_z & 0 \\ x_{v0} - x_{p0} & y_{v0} - y_{p0} & z_{v0} - z_{p0} & 1 \end{bmatrix} = R_{M1} T_{M1}$$

【0 0 4 1】

上記の方法により出力される複数点での磁気センサ 2 2 0 L の信号を補正部 5 0 5 5 L に入力し、変換行列 ( $M_1$ ) を求め、磁気センサ 2 2 0 L の初期位置姿勢合わせを行う。

【0 0 4 2】

磁気センサのみの初期位置姿勢合わせが完了した時点では磁気センサの出力を現実空間上の複数点で観測する際に人手を介しているため、必ずしも磁気センサを理想の位置姿勢で観測できるとは限らず誤差があると考えられるので、さらに精度を上げるために画像情報による補正処理を行う。

【0 0 4 3】

まず、キャリブレーショングリッド上の新たな1点  $P_N$  に HMD 2 1 0 L を配置する。そして撮影部 2 4 0 L により撮影されたテーブル 1 0 0 0 上のマーカ 1 6 0 0 を表示部 2 1 0 L に表示する。

【0 0 4 4】

次に補正部 5 0 5 5 L により仮想マーカを表示部 2 1 0 L に固定して表示させる。この仮想マーカはメモリ 5 0 4 5 L から読み出された HMD 2 1 0 L を配置

した点での前述の測定時におけるHMD 2 1 0 Lの位置姿勢に基づいて生成されたマーカの映像である。この時表示部 2 1 0 Lに映っている現実空間のマーカ 1 6 0 0と仮想マーカを、HMD 2 1 0 Lの回転と平行移動によって重ね合わせることで前述の誤差を補正する。なおこの重ね合わせる処理は人が表示部 2 1 0 Lを見ながら行うが、他にも画像処理によって例えば現実空間のマーカ 1 6 0 0と仮想マーカとの配置のパターンマッチングを行っても良い。

【 0 0 4 5】

この誤差は磁気センサ 2 2 0 Lで計測した撮影部 2 4 0 Lのカメラパラメータと、誤差がない理想のカメラパラメータ（以下、期待値と呼ぶ事にする）のずれ量と等しい。

【 0 0 4 6】

前述のカメラパラメータとはカメラの位置姿勢を表したパラメータであり、4 × 4の平行移動行列と3つの回転行列の積により表している。これらの行列はそれぞれ、

【 0 0 4 7】

【数 4】

$$T(x, y, z) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ x & y & z & 1 \end{bmatrix}$$

【 0 0 4 8】

【数 5】

$$Rx(\theta_x) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x & \sin \theta_x & 0 \\ 0 & -\sin \theta_x & \cos \theta_x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【 0 0 4 9】

【数 6】

$$R_y(\theta_y) = \begin{bmatrix} \cos \theta_y & 0 & -\sin \theta_y & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \theta_y & 0 & \cos \theta_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0 0 5 0】

【数 7】

$$R_z(\theta_z) = \begin{bmatrix} \cos \theta_z & \sin \theta_z & 0 & 0 \\ -\sin \theta_z & \cos \theta_z & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

で表される。ここで x、y、z はカメラの位置、 $\theta_x$  はカメラの仰角、 $\theta_y$  はカメラの方位角、 $\theta_z$  はカメラの傾きを示している。この磁気センサ 2 2 0 L により先に計測された位置姿勢を示すカメラパラメータと期待値のカメラパラメータを比較し、そのずれの量である回転量、移動量を補正部 5 0 5 5 L に記憶させておく事により、センサ単体で合わせる初期位置姿勢合わせよりもより高精度な初期位置姿勢合わせを実現する事ができる。

【0 0 5 1】

具体的な回転量と移動量は  $4 \times 4$  の平行移動行列と 3 つの回転行列の積によって表現できる。これらの行列はカメラパラメータの行列の構成と同じで、x、y、z が補正量の平行移動量、 $\theta_x$  は補正量の仰角、 $\theta_y$  は補正量の方位角、 $\theta_z$  は補正量の傾きを示している。記憶される補正量はこの 4 つの行列の積  $M_2$  である。この行列の積は  $M_2 = R_x R_y R_z T$  であり、周知のように  $4 \times 4$  の行列である。補正後の値（変換行列 M）は磁気センサ 2 2 0 L により先に計測された位置姿勢を示すカメラパラメータ（変換行列  $M_1$ ）と補正量の行列（変換行列  $M_2$ ）の積を計算する事により求められる。

【0 0 5 2】

第 5 図は本実施形態のゲーム装置の初期位置姿勢あわせ時の装置の構成を示した図である。交流磁界発生源 2 5 0 は磁界を発生する。この交流磁界発生源 2 5

0は規定の場所に固定されていなければならない。磁気センサ220Lは交流磁界発生源250からの磁界の変化をセンスし、その信号を位置姿勢計測部5000に送る。磁気センサ220LはHMD210に装着されており、HMD210が動くとそれに合わせて移動し、位置姿勢を計測するために使用される。

【0053】

位置姿勢計測部5000では磁気センサ220Lの出力を入力して、プレーヤの視点位置及び頭部姿勢を検出し、補正処理部5040Lに出力する。

【0054】

補正処理部5040Lでは磁気センサ220Lの複数点での出力結果から上述の通りセンサ座標系から現実空間座標への変換行列を生成し、磁気センサ220Lの現実空間座標系での位置と姿勢を推定する。この推定されたプレーヤの視点位置及び頭部姿勢を磁気センサ220Lのみの初期位置姿勢合わせカメラパラメータとしてメモリ5045Lに保存しておく。

【0055】

また、上述の通り初期位置姿勢合わせの精度を更に向上させるために現実のマーカ1600の位置と、磁気センサ220Lを用いて推定した（メモリ5045L内に格納された）カメラパラメータに基づいて生成される仮想マーカの位置とのずれを用いてHMD210Lの位置姿勢を変更し、更に初期位置姿勢合わせを行う。そして初期位置姿勢合わせによる補正量は指示部5090Lにより補正量の記憶部5080に出力する。補正処理部5040LはコンピュータシステムONYX2により構成される。

【0056】

撮影部240Lはマーカ1600を撮影し、表示部210Lにマーカ画像を出力する。マーカ1600はテーブル1000上に設置され、磁気センサ220Lの初期位置姿勢を高精度に計測するために用いられる。マーカは撮影部240Lの出力であるマーカ画像においてテーブル1000と判別可能な状態にする必要がある。なお本実施形態ではマーカ1600は1個または2個使っているが、このマーカの数に限定されるものではなく、複数のマーカを使用した状況でも適応可能である。また、マーカ1600は故意に設置したものに限定されるものでは

ない。机の輪郭などの環境から取り込んだ画像を利用してマーカとすることも可能である。

【0057】

仮想マーカ位置記憶部 5 0 3 5 L は表示部 2 1 0 L に表示する仮想マーカの位置を記憶しており仮想マーカ位置は現実空間に設置しているテーブル 1 0 0 0 上のマーカ位置と等しい。そして仮想マーカ生成部 5 0 3 5 L に仮想マーカ位置を出力する。

【0058】

仮想マーカ生成部 5 0 7 5 L は仮想マーカ位置記憶部 5 0 3 5 L に記憶されている仮想マーカ位置とメモリ 5 0 4 5 L に記憶されているカメラパラメータを元に、表示させる仮想マーカの位置を計算し、表示部 2 1 0 L に表示させる。

【0059】

メモリ 5 0 4 5 L は上述の通り、3 点における磁気センサ 2 2 0 L により計測されたカメラパラメータを記憶する。

【0060】

指示部 5 0 9 0 L は表示部 2 1 0 L に表示された仮想マーカと実際に撮影されたマーカ画像を HMD 2 1 0 L の回転と平行移動によって重ね合わせて、十分に重なった時点で補正処理部 5 0 4 0 L にその時点での補正量を補正量の記憶部 5 0 8 0 に記憶しておくように指示するものである。

【0061】

補正量の記憶部 5 0 8 0 では指示部 5 0 9 0 L によって指示された時点での補正量を記憶しておく。ここで記憶された補正量はゲームにおいて現実物体と仮想物体を重ね合わせて表示する時に参照し、補正量だけ仮想物体をずらす事により、高精度な重ね合わせが可能となる。

【0062】

表示部 2 1 0 L は、例えば HMD 2 1 0 L に搭載されている LCD ディスプレイで構成されており、撮影部 2 4 0 L が撮影するマーカ 1 6 0 0 と仮想マーカ生成部 5 0 7 5 L が生成する仮想マーカを表示する。

【0063】

なお、第 4 図で示した補正部 5 0 5 5 L は第 5 図におけるメモリ 5 0 4 5 L、仮想マーカ生成部 5 0 7 5 L、仮想マーカ位置記憶部 5 0 3 5 L、補正処理部 5 0 4 0 L、補正量の記憶部 5 0 8 0 から構成されている。

【 0 0 6 4 】

第 6 図は本実施形態の初期位置姿勢合わせ装置の処理のフローチャートを示したものである。なお、同フローチャートに従ったプログラムコードは本実施形態の装置内の不図示の RAM や ROM などのメモリ内に格納され、不図示の CPU により読み出され、実行される。

【 0 0 6 5 】

ステップ S 1 0 0 0 において交流磁界発生源 2 5 0 を任意の位置に固定しておく。ここでの任意の位置とは磁気センサ 2 2 0 L が磁界を適度に感知できうる距離にあるようにする。

【 0 0 6 6 】

ステップ S 1 0 1 0 において磁気センサ 2 2 0 L をキャリブレーショングリッド 6 0 0 0 上の複数点（本実施形態では 3 点）で観測し、そのデータを逐次、補正処理部 5 0 4 0 L に送る。

【 0 0 6 7 】

ステップ S 1 0 2 0 で補正処理部 5 0 4 0 L により現実空間座標系と磁気センサ座標系の対応を取る。

【 0 0 6 8 】

ステップ S 1 0 3 0 で補正処理部 5 0 4 0 L により、磁気センサ座標系の位置と方向から現実空間座標系における HMD 2 1 0 L の位置姿勢（カメラパラメータ）を推定する。

【 0 0 6 9 】

ステップ S 1 0 4 0 においてメモリ 5 0 4 5 L から入力されたカメラパラメータと仮想マーカ位置記憶部 5 0 3 5 L のデータを元に仮想マーカ生成部 5 0 7 5 L によって仮想マーカを生成し、表示部 2 1 0 L に表示させる。ステップ S 1 0 4 0 で表示部 2 1 0 L に表示された画像を示しているのが図 7 A である。図中の X マークが仮想マーカを表している。

【 0 0 7 0 】

ステップ S 1 0 5 0 では現実空間に設置してあるマーカ 1 6 0 0 を撮影部 2 4 0 L により撮影し、ステップ S 1 0 6 0 において表示部 2 1 0 L にマーカ画像を送り、表示させる。この時の表示部 2 1 0 L の状態を図 7 B で示している。

【 0 0 7 1 】

そして、ステップ S 1 0 7 0 で仮想マーカと実物のマーカの位置を HMD 2 1 0 L の平行移動または回転によりの確に重ね合わせる。（図 7 C の状態）

そしてステップ S 1 0 8 0 において重ね合わせが的確な時点で指示部 5 0 9 0 L を操作し、その時の補正量を補正量の記憶部 5 0 8 0 に記憶する。

【 0 0 7 2 】

ステップ S 1 0 0 0 からステップ S 1 0 3 0 までは現実空間座標系とセンサ座標系とを対応させるための手順であり、ステップ S 1 0 4 0 からステップ S 1 0 8 0 までは画像を使ったより高精度な初期位置姿勢合わせのための手順である。

【 0 0 7 3 】

< 3 次元画像の生成提示システム >

第 8 図は、第 1 図で示したゲーム装置において上述の初期位置姿勢合わせで求めた補正量を利用している 3 次元画像の生成提示システムの構成を示した図である。

【 0 0 7 4 】

この画像生成提示システムは、プレーヤ 2 0 0 0 の HMD 2 1 0 L 及びプレーヤ 3 0 0 0 の HMD 2 1 0 R の夫々に、3 次元の仮想画像（第 3 図のパック 1 5 0 0, ゴール 1 2 0 0）を出力するものである。プレーヤ 2 0 0 0, 3 0 0 0 に対する 3 次元の仮想画像の生成は、夫々画像生成部 5 0 5 0 L, 5 0 5 0 R に拠って行われる。本実施形態では画像生成部 5 0 5 0 L, 5 0 5 0 R の夫々に米国 SiliconGraphics 社製のコンピュータシステム ONYX 2 を用いた。

【 0 0 7 5 】

画像生成部 5 0 5 0 L ( 5 0 5 0 R ) は、ゲーム状態管理部 5 0 3 0 が生成するパック位置情報等と、視点位置・頭部姿勢に関する情報と、補正量の記憶部 5 0 8 0 が格納している初期位置姿勢合わせによって生成されたセンサ出力の補正



量を入力として受け、HMD 2 1 0 L ( 2 1 0 R ) に表示させる画像を生成する。ゲーム状態管理部 5 0 3 0 および補正量の記憶部 5 0 8 0 の夫々はコンピュータシステム O N Y X 2 により構成された。

【 0 0 7 6 】

テーブル 1 0 0 0 の中央上空に固定された C C D カメラ 2 3 0 ( 図 1 にも図示 ) は、テーブル 1 0 0 0 の表面を全て視野に納める。カメラ 2 3 0 によって取得されたマレットの位置情報等を含むマレット情報はマレット位置計測部 5 0 1 0 に入力される。この計測部 5 0 1 0 は、同じく、SiliconGraphics社製 O 2 コンピュータシステムにより構成された。計測部 5 0 1 0 は、2 名のプレーヤのマレット位置、即ち、手の位置を検出する。手の位置に関する情報はゲーム状態管理部 5 0 3 0 に入力される。即ち、ゲーム状態・ゲームの進行は基本的にはマレットの位置によって全てが決定される。

【 0 0 7 7 】

SiliconGraphics社製コンピュータシステム O 2 により構成された位置姿勢検出部 5 0 0 0 は、2 つの磁気センサ 2 2 0 L , 2 2 0 R の出力を入力して、各プレーヤの視点位置及び頭部姿勢を検出し、画像生成部 5 0 5 0 L , 5 0 5 0 R に出力する。

【 0 0 7 8 】

<マレット位置計測>

第 9 図乃至第 1 1 図は、マレット位置を計測する制御手順を示すフローチャートである。

【 0 0 7 9 】

エアーホッケーゲームでは、プレーヤは自身のマレットを他のプレーヤの領域まで進めることはない。そのために、左側プレーヤ 2 0 0 0 ( 右側プレーヤ 3 0 0 0 ) のマレット 2 6 0 L ( 2 6 0 R ) を探索する処理は、第 1 1 図に示すように、左側フィールドの画像データ I L ( 画像データ I R ) に処理を集中すればよい。固定位置にある C C D カメラ 2 3 0 が取得した画像を第 1 2 図に示すように 2 つの分割することは容易である。

【 0 0 8 0 】

従って、第 9 図のフローチャートにおいて、プレーヤ # 1 (プレーヤ 2 0 0 0) のマレット 2 6 0 L の探索についてはステップ S 1 0 0 で、プレーヤ # 2 (プレーヤ 3 0 0 0) のマレット 2 6 0 R の探索についてはステップ S 2 0 0 で処理が行われる。そこで、便宜上、右側プレーヤのマレットの探索 (ステップ S 2 0 0) を例にして説明する。

【0 0 8 1】

先ず、ステップ S 2 1 0 で撮影部 2 3 0 において撮像した上述の画像 (多値画像) を取得する。ステップ S 2 1 2 では、撮像した画像において右半分の画像データ I R についてサブルーチン「ローカル領域での探索」を行う。その詳細は第 1 0 図に示される。ステップ S 2 1 2 で画像座標系でのマレット位置の座標 (x, y) が見つかり、ステップ S 2 1 4 からステップ S 2 2 0 に進み、画像座標系でのマレット位置座標 (x, y) を次式に従ってテーブル 1 0 0 0 の座標系 (第 1 4 図を参照) の座標位置 (x', y') に変換する。

【0 0 8 2】

【数 8】

$$\begin{bmatrix} hx' \\ hy' \\ h \end{bmatrix} = M_T \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

【0 0 8 3】

ここで、 $M_T$  は画像座標系とテーブル座標系とをキャリブレーションするための  $3 \times 3$  の変換行列で、既知である。ステップ S 2 2 0 で得られた座標位置 (x', y') はゲーム状態管理部 5 0 3 0 に送られる。

【0 0 8 4】

ローカル領域でマレットが見つからなかったならば、ステップ S 2 1 6 で「グローバル領域での探索」を行う。「グローバル領域での探索」でマレットが見つかったならば、ステップ S 2 2 0 でその座標位置をテーブル座標系に変換する。尚、ローカル又はグローバル領域で探索された座標位置は、次の処理でのローカル領域におけるマレットの探索に用いられる。

【0 0 8 5】

第 1 0 図はマレットをローカル領域で探索する処理（ステップ S 2 1 2 の詳細）を示す。但し、この処理は便宜上右側フィールドにおける探索処理を示すが、左側フィールドにおけるマレットの探索処理についても実質的に同様である。

【 0 0 8 6 】

ステップ S 2 2 0 で、次式で定義される大きさ  $(2A + 1) \times (2B + 1)$  画素の矩形領域を抽出する。

【 0 0 8 7 】

$$x = [I'x - A, I'x + A]$$

$$y = [I'y - A, I'y + B]$$

ここで、 $I'x$ 、 $I'y$  は探索領域  $IR$  中の任意の座標値であり、 $A$ 、 $B$  は探索領域の大きさを決める定数であって、かかる探索領域は第 1 3 図のようになる。

【 0 0 8 8 】

ステップ S 2 3 0 は、ステップ S 2 2 0 で定義された矩形領域中の全ての画素  $(x, y)$  について、特徴の評価値  $IS(x, y)$  が一定の条件を満足する画素を抽出する工程である。この工程ではマレットの赤外線発光器から発せられる赤外線の強度値と類似する画素を抽出する方法を用いるのが好適である。

【 0 0 8 9 】

即ち、ステップ S 2 3 2 では、類似度  $IS$  が所定の閾値以上をしめす画素を見つける。そのような画素を見つけると、カウンタ  $N$  に発生度数の累積値を記憶する。また、そのような画素の  $x$  座標値及び  $y$  座標値をレジスタ  $SUMx$  及び  $SUMy$  に累積記憶する。即ち、

$$N = N + 1$$

$$SUMx = SUMx + x$$

$$SUMy = SUMy + y$$

とする。ステップ S 2 3 0 を終了すると、第 1 3 図の領域中でマレットからの赤外光のパターンに類似している全ての画素の個数  $N$ 、及び座標値の累積値  $SUMx$ 、 $SUMy$  が得られる。 $N = 0$  であればステップ S 2 3 6 で結果 "Not Found" が出力される。 $N > 0$  であれば、マレットらしいものが見つかったのであり、ステップ S 2 3 8 で、マレットの位置  $(Ix, Iy)$  を、

$$I_x = \text{SUM}_x / n$$

$$I_y = \text{SUM}_y / n$$

に従って演算する。そして、マレット位置 ( $I_x$ ,  $I_y$ ) をテーブル座標系に変換した座標値を渡す。

【0090】

第11図は、ステップS216のグローバル領域探索の詳細手順を示す。第11図のステップS240で、右側フィールドの画像IR中の、

$$\{(x, y) \mid x > 0, x < \text{Width}, x = nC, \\ y > 0, y < \text{Height}, y = mD \\ (\text{ただし } n, m \text{ は整数})\}$$

を満足する画素の中で、特徴の評価値  $I_s$  の最大値をレジスタ  $\text{Max}$  に記憶する。ここで、 $C$ ,  $D$  は探索の粗さを決める定数であり、 $\text{Width}$  および  $\text{Height}$  の定義は第16図に示す。即ち、ステップS242で、特徴量  $I_s$  が閾値記憶レジスタ  $\text{Max}$  に記憶されている閾値を超えるか否かを判断する。そのような画素が見つかったならば、ステップS244で、その特徴量を新たな閾値とすべく、ステップS244で、

$$\text{Max} = I_s(x, y)$$

$$I_x = x$$

$$I_y = y$$

とする。ステップS246では、グローバル探索で見つかった最もマレットらしい画素 ( $I_x$ ,  $I_y$ ) の座標値をステップS220に渡す。

【0091】

このようにして、マレットを画像中で見つけ、その座標値をテーブル座標系に変換したものをゲーム状態管理部5030に渡す。

【0092】

#### <ゲーム状態管理>

第14図は、本実施形態のエアホッケーゲームのゲームフィールドを示す。このフィールドは、テーブル1000の上の2次元平面上に定義され、 $x$ ,  $y$  軸を有する。また、左右の2つの仮想的ゴールライン1200L, 1200Rと、

第 1 4 図において上下方向に設けられた仮想的壁 1 3 0 0 a, 1 3 0 0 b とを有する。仮想的ゴールライン 1 2 0 0 L, 1 2 0 0 R と仮想的壁 1 3 0 0 a, 1 3 0 0 b はその座標値は既知であり移動することはない。このフィールドの中で、マレット 2 6 0 R, 2 6 0 L の移動に応じて、パック 1 5 0 0 の仮想画像が移動する。

【 0 0 9 3 】

パック 1 5 0 0 は、現在位置の座標情報  $P_p$  と速度情報  $v_p$  とを有し、左マレット 2 6 0 L は現在位置の座標情報  $P_{SL}$  と速度情報  $v_{SL}$  とを有し、右マレット 2 6 0 R は現在位置の座標情報  $P_{SR}$  と速度情報  $v_{SR}$  とを有する。

【 0 0 9 4 】

第 1 5 図は、ゲーム状態管理部 5 0 3 0 における処理手順を説明するフローチャートである。ステップ S 1 0 において、パック 1 5 0 0 の初期位置  $P_{p0}$  及び初期速度  $v_{p0}$  を設定する。

【 0 0 9 5 】

尚、パック 1 5 0 0 は速度  $v_p$  で等速度運動を行う。また、パック 1 5 0 0 は、壁又はスティックに当たると完全弾性衝突を行う。即ち速さには変化が無く、速度の方向が反転する。なおスティックとはマレットの位置に重畳表示される仮想映像であり、以下マレットとパック 1 5 0 0 の衝突判定はこのスティックとパック 1 5 0 0 の衝突判定を行うことで処理を進める。

【 0 0 9 6 】

ゲーム状態管理部 5 0 3 0 は、マレット位置計測部 5 0 1 0 が計測した各マレットの位置情報  $P_S$  から速度情報  $v_S$  を得る。

【 0 0 9 7 】

ステップ S 1 2 は、ゲームでの勝敗が決定する（ステップ S 5 0 で一方が 3 点を先取する）迄の間は、 $\Delta t$  時間毎に実行される。

【 0 0 9 8 】

すると、ステップ S 1 2 では、パック 1 5 0 0 の位置は、

$$P_p = P_{p0} + v_{p0} \cdot \Delta t$$

に更新される。初期位置及び初期速度設定後におけるパック 1 5 0 0 の位置は、

一般には、

$$P_p = P_p + v_p \cdot \Delta t$$

で表される。ステップ S 1 4 では、更新されたパック位置  $P_p$  がプレーヤの # 1 側（左プレーヤ）のフィールドにあるか否かを調べる。パック 1 5 0 0 が左プレーヤ側にある場合について説明する。

【 0 0 9 9 】

ステップ S 1 6 では、現在のパック位置が左プレーヤのスティック 1 1 0 0 L と干渉する位置にあるか否かを調べる。パック 1 5 0 0 がスティック 1 1 0 0 L と干渉する位置にあるとは、左プレーヤ 2 0 0 0 がマレット 2 6 0 L をパックに衝突させるようなマレット操作を行ったことを意味するから、パック 1 5 0 0 の運動を反転させるために、ステップ S 1 8 で、パック 1 5 0 0 の速度  $v_p$  の x 方向速度成分の符号を反転させて、ステップ S 2 0 に進む。

【 0 1 0 0 】

尚、単に速度  $v_p$  の x 方向速度成分の符号を反転させる代わりに、

$$P_p = -P_{px} + v_{SLx}$$

として、パックが、スティックの操作速度を重畳されて反対方向に進むようにしても良い。

【 0 1 0 1 】

一方、現在のパック位置が左プレーヤのスティック 1 1 0 0 L と干渉する位置にない場合（ステップ S 1 6 で NO）には、そのままステップ S 2 0 に進む。

【 0 1 0 2 】

ステップ S 2 0 では、パックの位置が仮想壁 1 3 0 0 a 又は 1 3 0 0 b と衝突する位置にあるか否かを調べる。ステップ S 2 0 の判断が YES の場合には、ステップ S 2 2 でパックの速度の y 成分を反転させる。

【 0 1 0 3 】

次にステップ S 2 4 で、現在のパック位置が左プレーヤのゴールライン内にあるか否かを調べる。YES の場合には、ステップ S 2 6 で相手側のプレーヤ、即ち、右（# 2）プレーヤの得点を加算する。ステップ S 5 0 では、いずれかの得点が 3 点以上先取したかを調べる。3 点以上であればゲームを終了する。

【 0 1 0 4 】

ステップ S 1 4 での判断で、パックの位置  $P_p$  が右プレーヤ側（# 2 プレーヤ側）にある場合には、ステップ S 3 0 以下を実行する。ステップ S 3 0 ～ステップ S 4 0 は、ステップ S 1 6 ～ステップ S 2 6 と実質的に動作は同じである。

【 0 1 0 5 】

かくして、ゲームの進行状態は管理される。ゲームの進行状態はパックの位置、スティックの位置であり、前述したように画像生成部 5 0 5 0（5 0 5 0 L, 5 0 5 0 R）に入力される。

【 0 1 0 6 】

第 1 7 図に画像生成部 5 0 5 0（5 0 5 0 L, 5 0 5 0 R）における処理のフローチャートを示す。なお同図のフローチャートは夫々のプレーヤに対する画像生成処理は同じであるために、夫々のプレーヤに対して共通の処理とする。

【 0 1 0 7 】

ステップ S 1 7 0 1 においては、位置姿勢計測部 5 0 0 0 からカメラパラメータを入力する。次にステップ S 1 7 0 2 では補正量の記憶部 5 0 8 0 に格納されたカメラパラメータの補正量を読み込む。そしてステップ S 1 7 0 3 では読み込んだ補正量を用いてカメラパラメータを補正する。なお、この補正量はプレーヤ毎に設けられている。

【 0 1 0 8 】

ステップ S 1 7 0 4 ではゲーム状態管理部 5 0 3 0 内の不図示のメモリ内に格納されているスティック、パックの形状データを読み込み、ステップ S 1 7 0 5 で、この形状データを用いて補正したカメラパラメータに基づいたスティック、パックの映像を生成し、ステップ S 1 7 0 6 において夫々のプレーヤの HMD 2 1 0 L、2 1 0 R に対して生成した映像を出力する。

【 0 1 0 9 】

以上の説明により、本実施形態における初期位置合わせ装置及びその方法は磁気センサを用いての初期位置合わせに加えて、この初期位置姿勢合わせで推定されるカメラパラメータに基づいた仮想マーカと実際のマーカとの位置ずれを用いて更に高精度に初期位置姿勢合わせを行うことができた。

## 【0 1 1 0】

また本実施形態のゲーム装置は上述の初期位置合わせによる補正量を用いることで仮想物体の映像を現実空間に対して重畳する際のずれの発生を防ぐことができた。

## 【0 1 1 1】

## 〔第2の実施形態〕

第1の実施形態では、仮想マーカと撮影されたマーカを重ね合わせる作業をHMDの平行移動と回転によって行い、重なった時に指示部で指示を出している。そのためこの作業はHMDの調整を行う作業者と指示部により指示を出す作業者の二人で初期位置姿勢合わせを行う必要があった。しかし、HMDを固定しておき、新たに追加する仮想マーカ制御部により仮想マーカの位置を表示部210L上で確認しながら移動させ、表示部210Lに映されているマーカに重ね合わせる事により、一人で初期位置姿勢合わせを行う事が出来る。この時、仮想マーカ制御部で仮想マーカを移動した移動量を計測して、それをカメラの平行移動補正量にすることによりセンサを補正することができ、磁気センサのみで行う初期位置姿勢合わせよりもより高精度な初期位置姿勢合わせを行う事ができる。

## 【0 1 1 2】

## ＜変形例1＞

上記実施形態は光学式HMDを用いたものであったが、光学式HMDの適用に限定されるものではなく、ビデオシースルー方式のHMDにも適用可能である。

## 【0 1 1 3】

## ＜変形例2＞

上記実施形態は、エアホッケーゲームに適用したものであったがエアホッケーゲームに限られない。また、複数のマーカに基づいた頭部姿勢位置を補正する処理は、2人の協調作業にのみ好適であることはない。1人あるいは3人以上の作業（あるいはプレーヤ）に複合現実感を提示するシステムにも適用可能である。

## 【0 1 1 4】

## ＜変形例3＞



上記実施形態では、表示部としてHMDに内蔵されているLCDディスプレイにマーカを表示させていたが、このディスプレイの適用に限られるものではなく、CRTディスプレイやその他の表示機器にも適用可能である。

【0115】

<変形例4>

上記実施形態では、磁気センサとして交流磁界を利用した磁気センサを使用しているが、このセンサの適用に限られるものではない。ジャイロセンサや超音波センサなど、頭部の位置姿勢を検出できるセンサであれば適用可能である。

【0116】

[他の実施形態]

本発明の目的は、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体（または記録媒体）を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成されることは言うまでもない。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、前述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているオペレーティングシステム(OS)などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0117】

さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張カードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張カードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【 0 1 1 8 】

本発明を上記記憶媒体に適用する場合、その記憶媒体には先に説明した（図 6，及び／又は図 9，及び／又は図 1 0，及び／又は図 1 1，及び／又は図 1 5，及び／又は図 1 7 に示す）フローチャートに対応するプログラムコードが格納されることになる。

【 0 1 1 9 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、撮像装置により撮像された映像と、この撮像装置の位置姿勢に基づいて生成される映像との位置ずれを補正することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態に用いられているゲーム装置の構成を示す側面図である。

【図 2】

第 2 図のゲーム装置で左側プレーヤの視界に見えるシーンを説明する図である。

【図 3】

第 1 図のゲーム装置に用いられている HMD の構成を説明する図である。

【図 4】

第 1 図のゲーム装置の初期位置姿勢合わせを説明する図である。

【図 5】

第 1 図のゲーム装置の初期位置姿勢合わせ時の装置の構成を説明する図である。

【図 6】

本発明の第 1 の実施形態における初期位置姿勢合わせ装置の処理の流れを示したフローチャートである。

【図 7 A】

表示部 2 1 0 L に表示される仮想マーカを説明した図である。

【図 7 B】

表示部 2 1 0 L に表示される現実空間に設置してあるマーカ及び仮想マーカを説明した図である。

【図 7 C】

表示部 2 1 0 L に表示される重ね合わさった現実空間に設置してあるマーカ及び仮想マーカを説明した図である。

【図 8】

本発明の第 1 の実施形態における 3 次元画像の生成提示システムの構成を示す図である。

【図 9】

本発明の第 1 の実施形態のマレット位置計測部による処理手順を説明するフローチャートである。

【図 1 0】

本発明の第 1 の実施形態のマレット位置計測部による処理手順の一部サブルーチン（ローカル探索）を説明するフローチャートである。

【図 1 1】

本発明の第 1 の実施形態のマレット位置計測部による手順の一部サブルーチン（グローバル探索）を説明するフローチャートである。

【図 1 2】

第 9 図のフローチャートの処理に用いられる処理対象領域の分割を説明する図である。

【図 1 3】

第 9 図のフローチャートの処理に用いられる対象領域の設定手法を示す図である。

【図 1 4】

本発明の第 1 の本実施形態のゲームにおけるゲームフィールドの構成を説明する図である。

【図 1 5】

本発明の第 1 の実施形態のゲーム状態管理部におけるゲーム管理の制御手順を

説明するフローチャートである。

【図 1 6】

W i d t h および H e i g h t の定義を説明する図である。

【図 1 7】

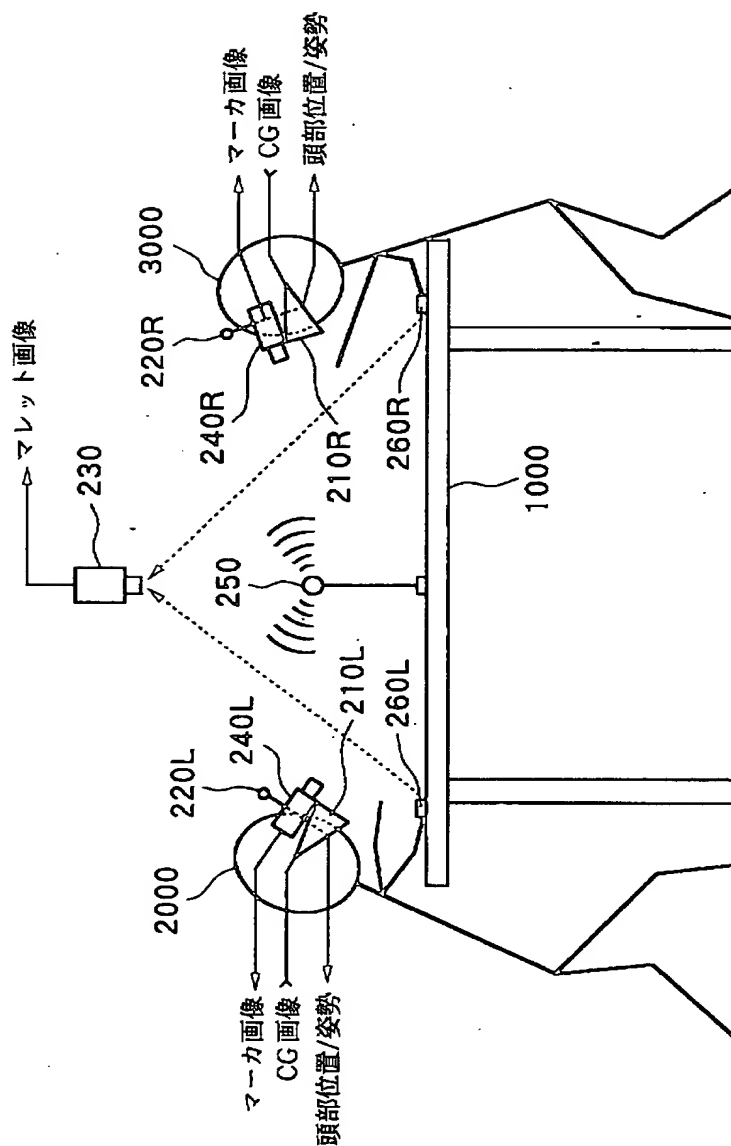
画像生成部における画像生成処理を説明するフローチャートである。

【図 1 8】

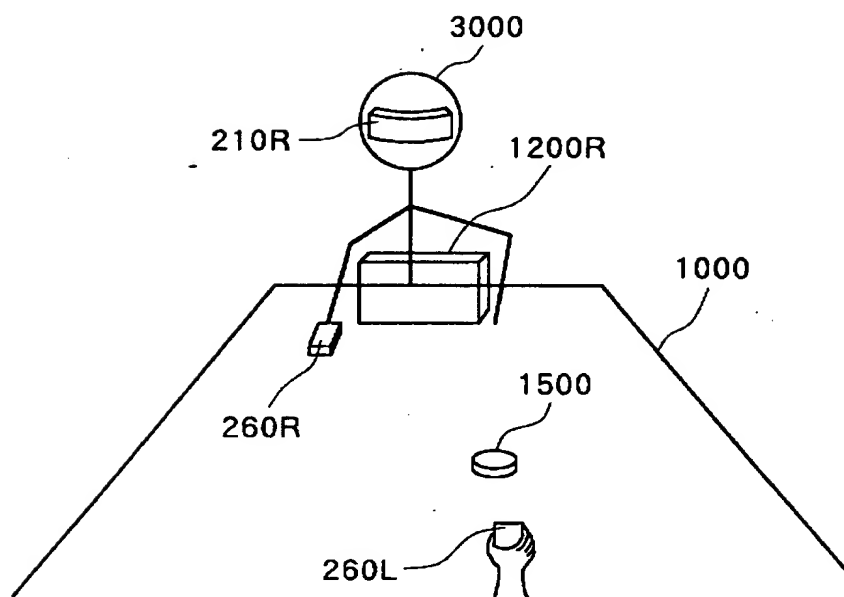
磁気センサによる磁気センサの位置姿勢の測定方法について説明する概念図である。

【書類名】 図面

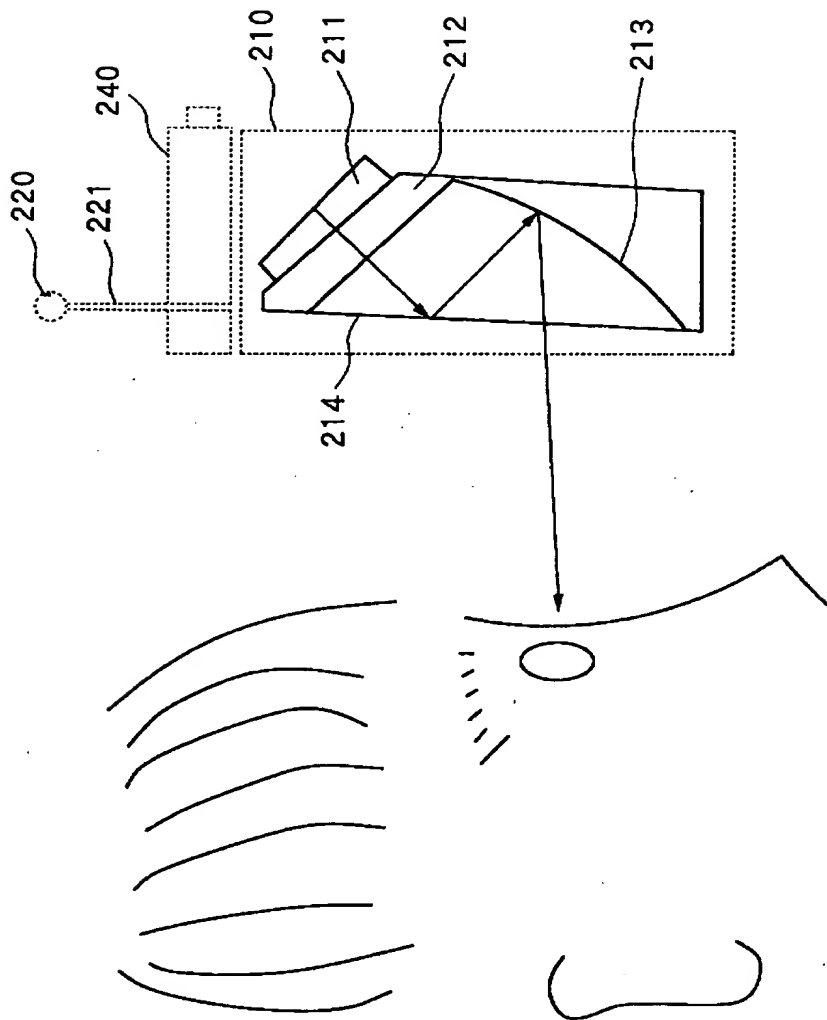
【図 1】



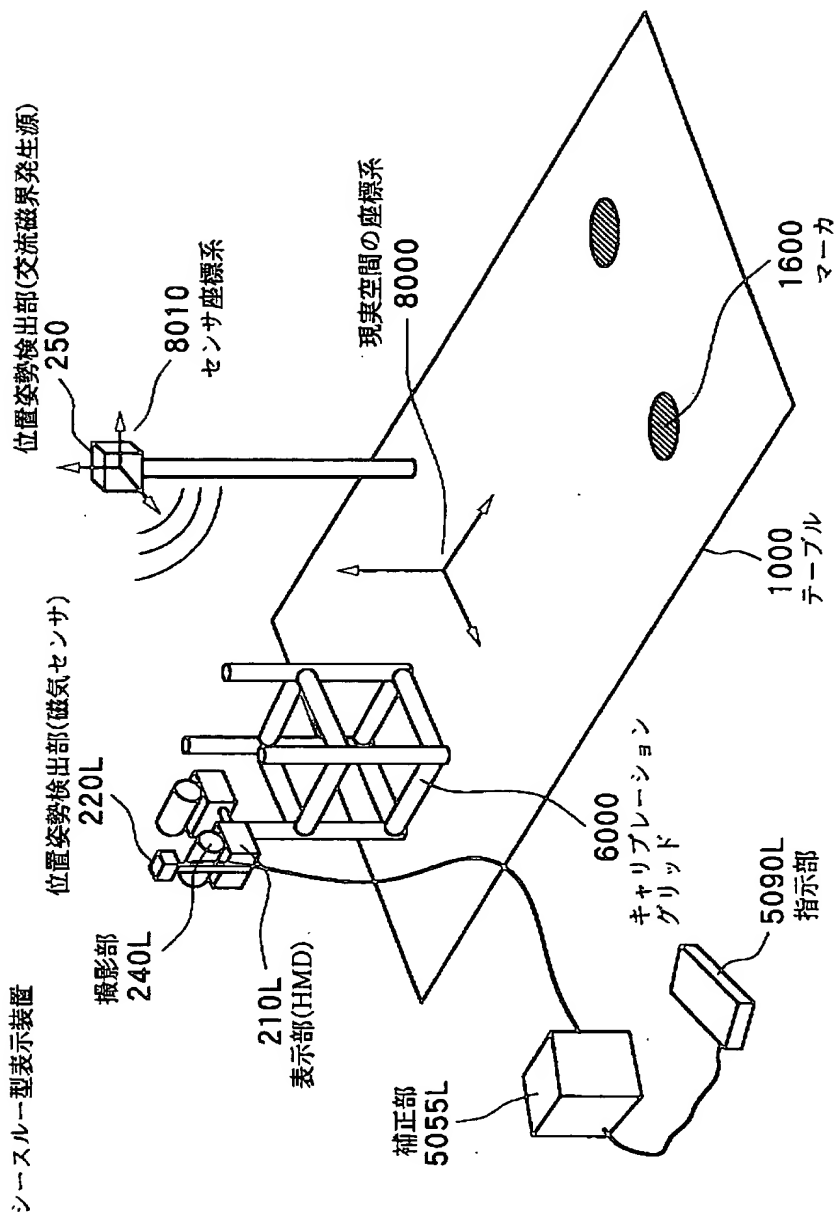
【図 2】



【図 3】

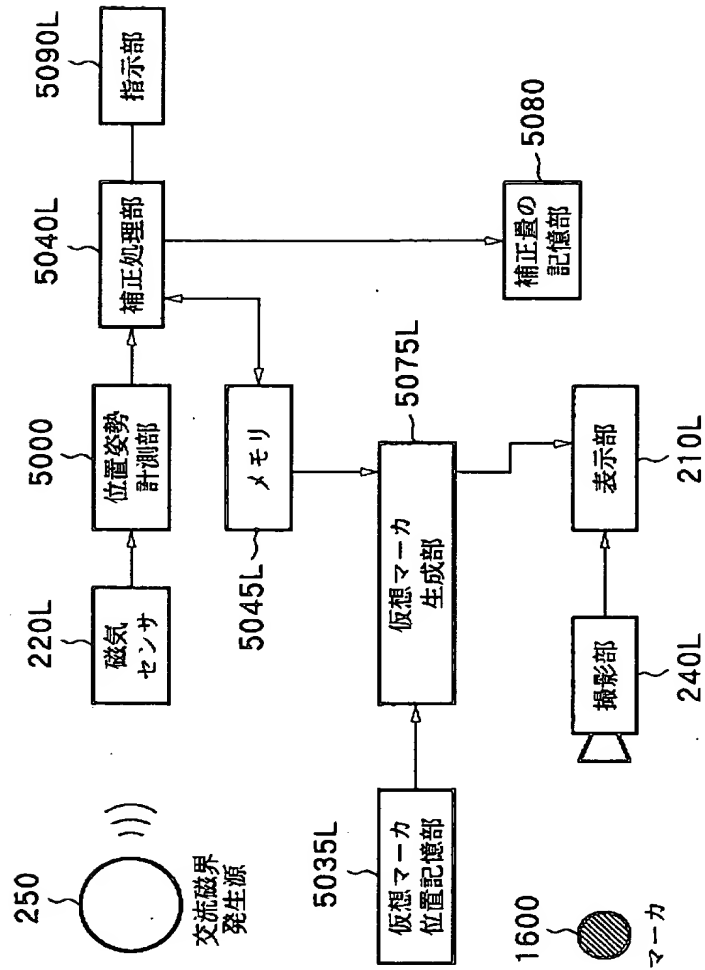


【図 4】

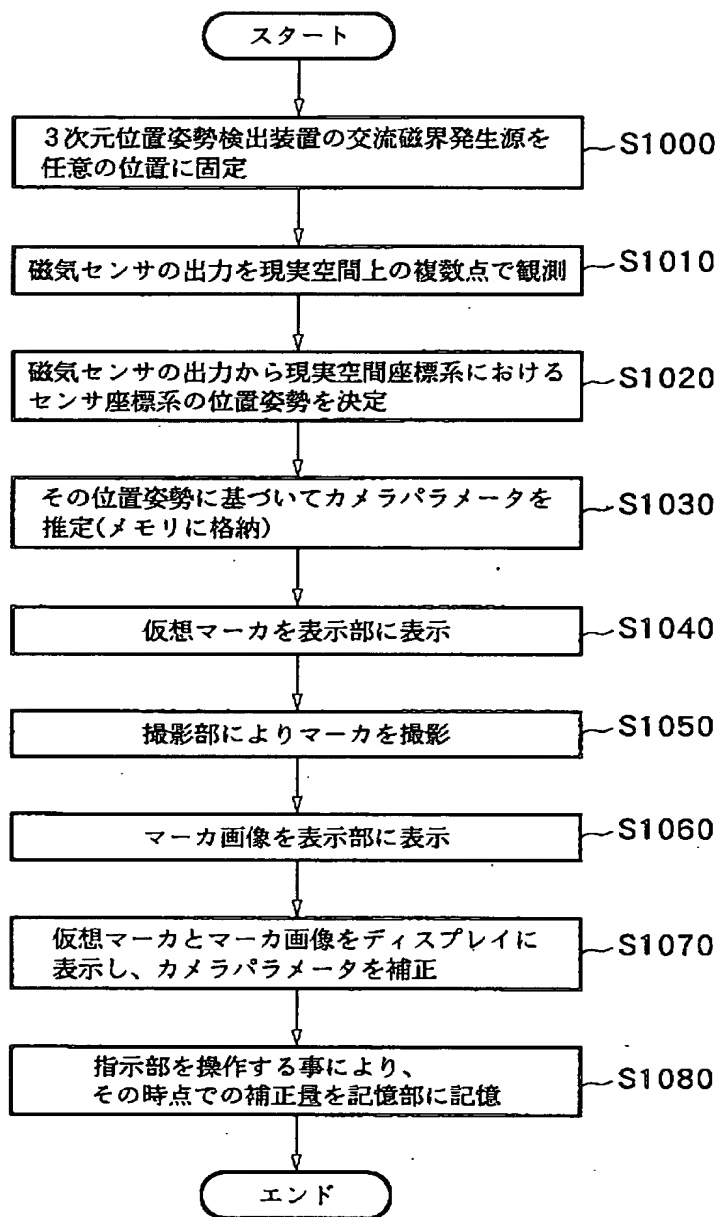




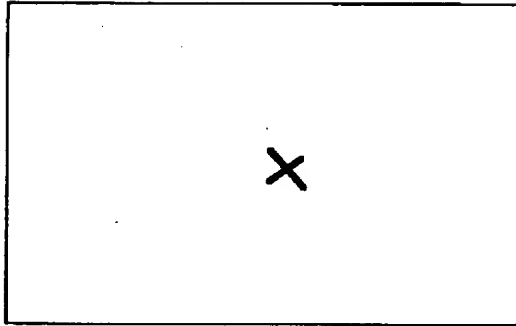
【図 5】



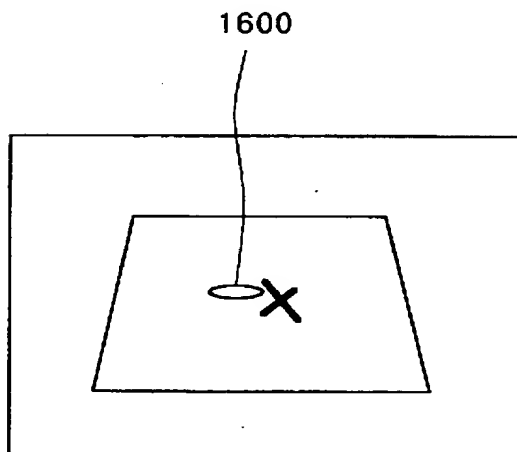
【図 6】



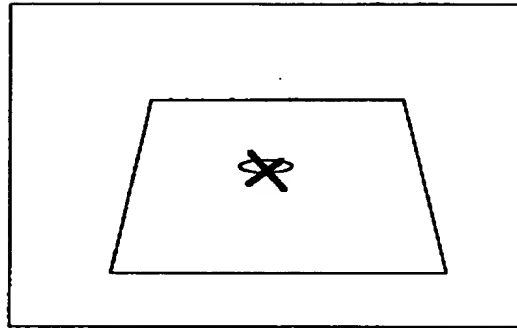
【図 7 A】



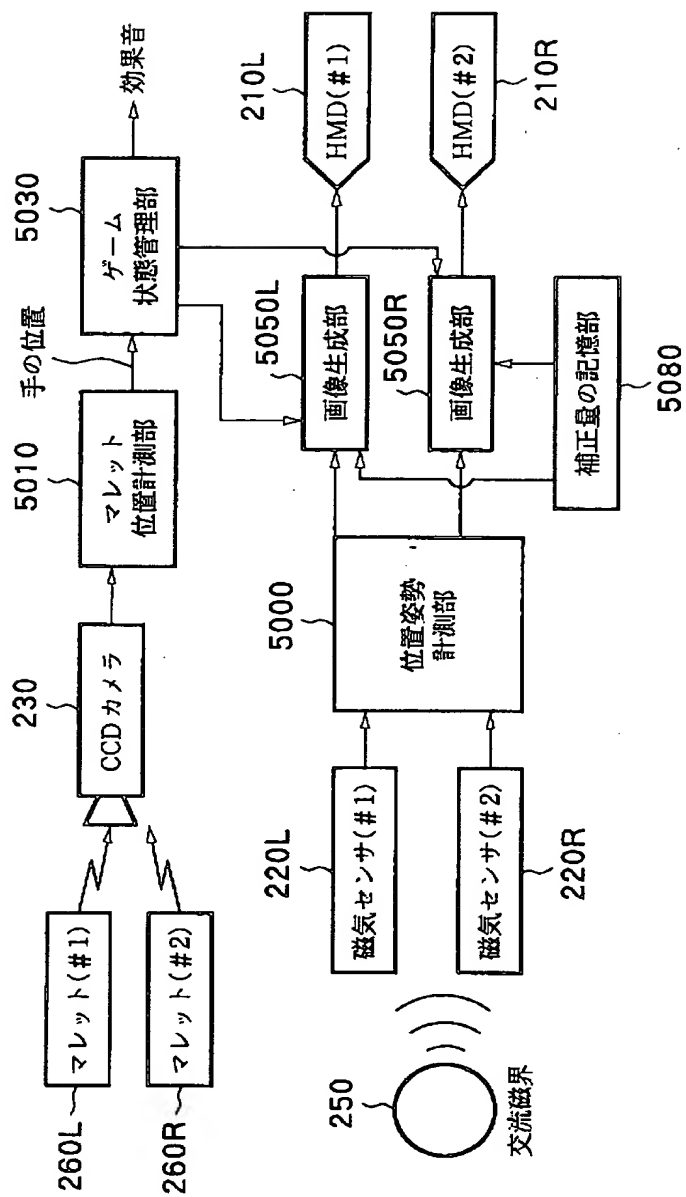
【図 7 B】



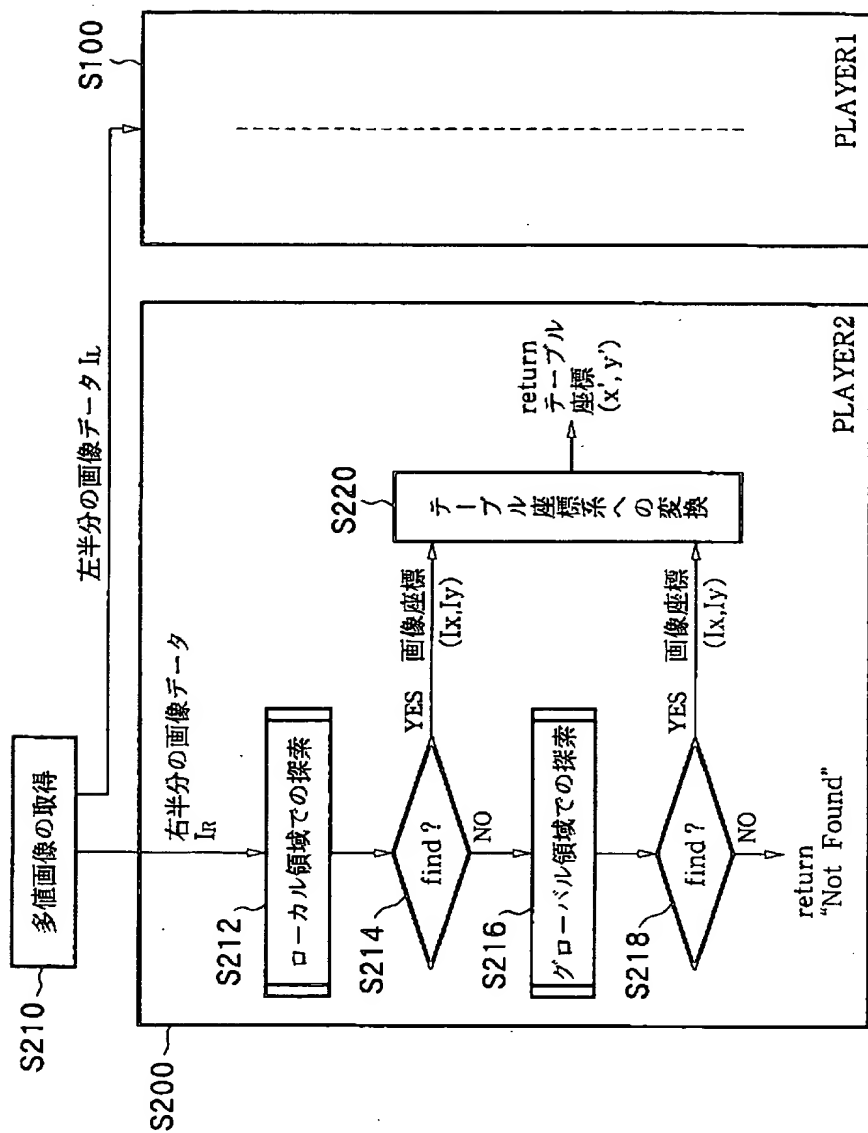
【図 7 C】



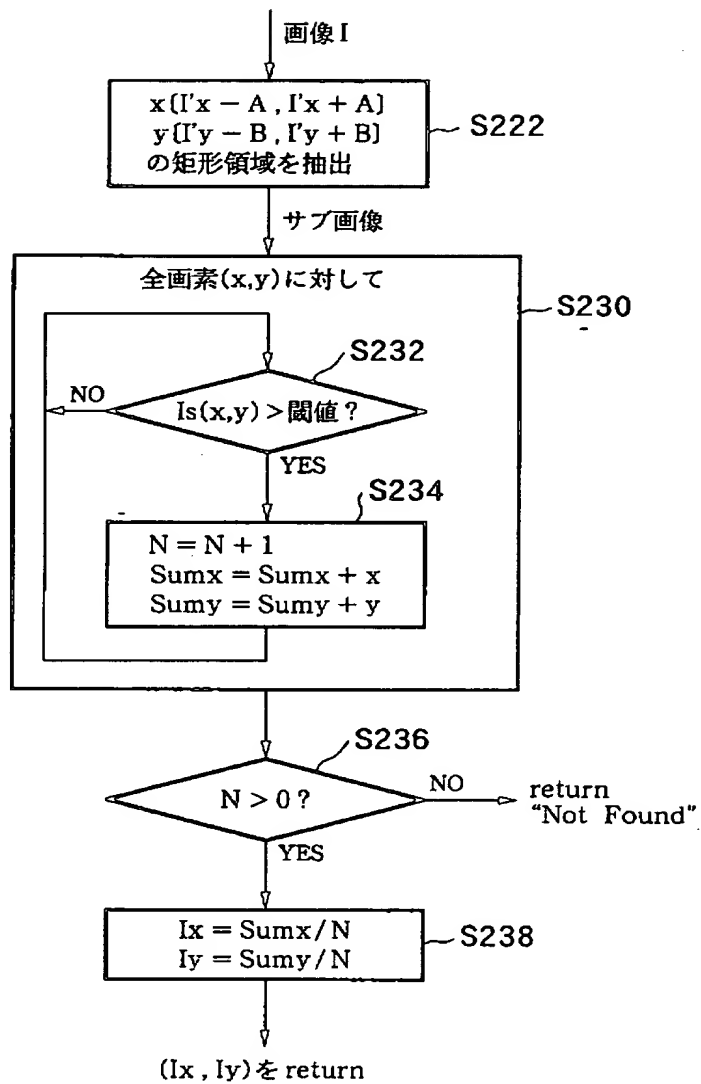
【図 8】



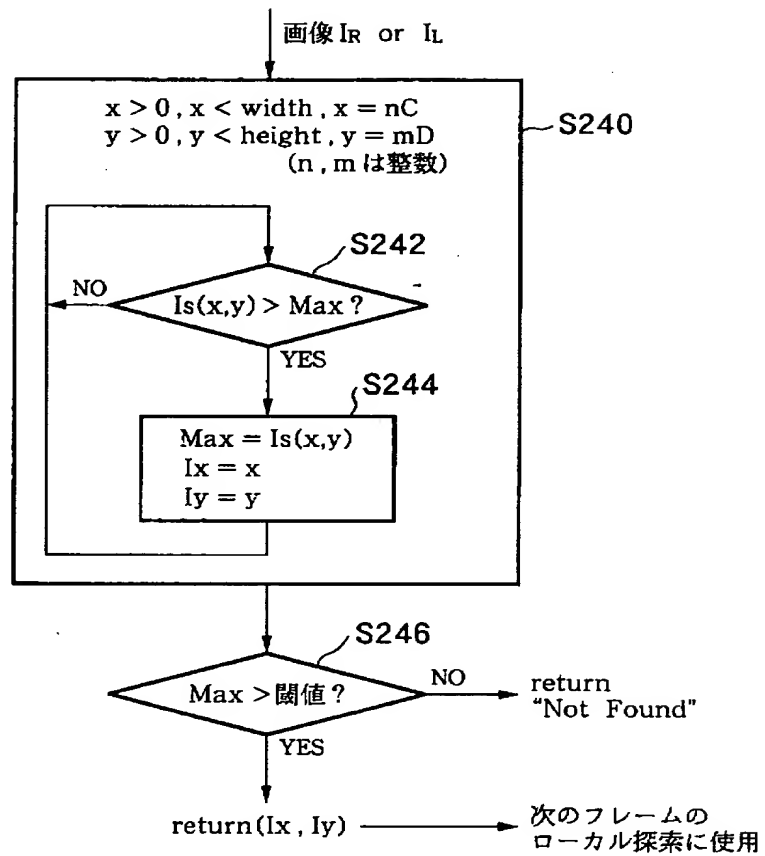
【図 9】



【図 10】

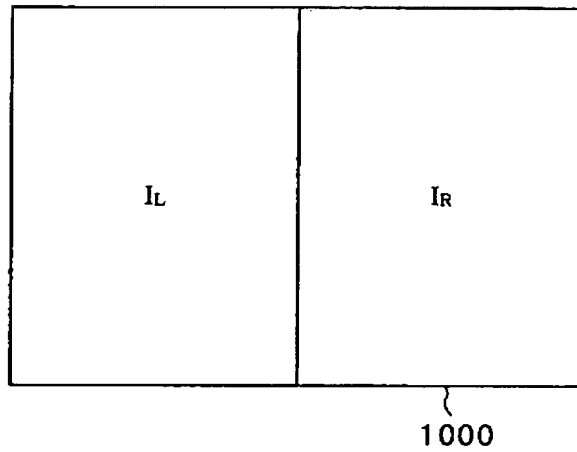


【図 1 1】

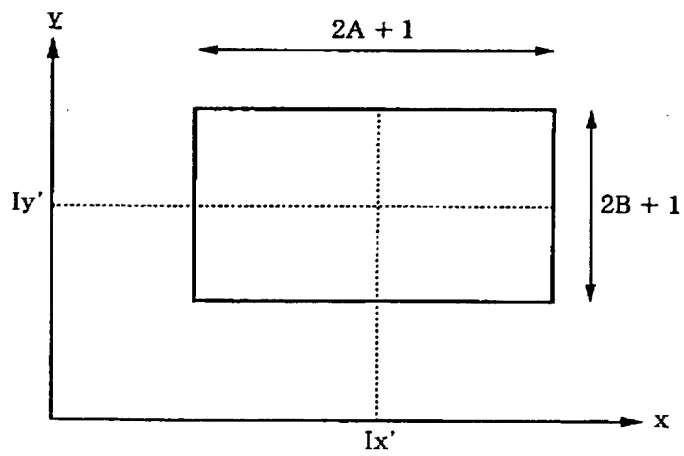




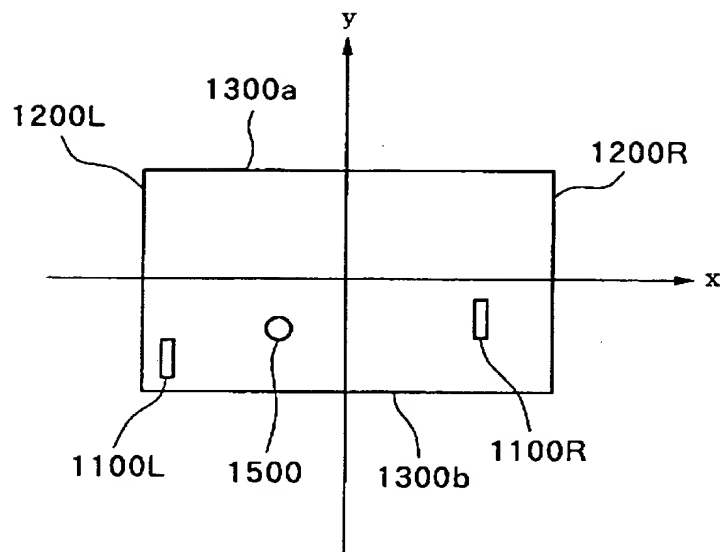
【図 1 2】



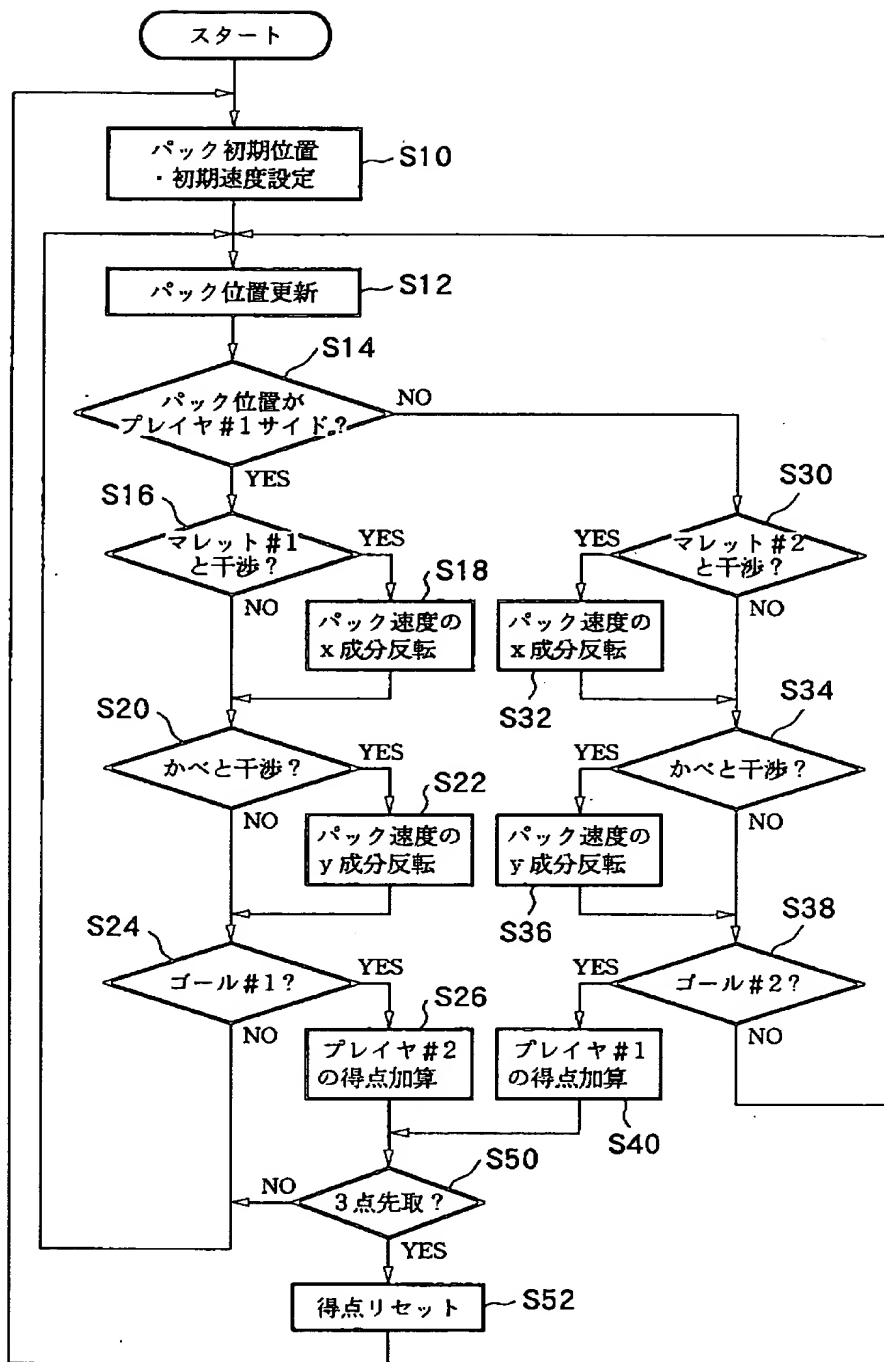
【図 1 3】



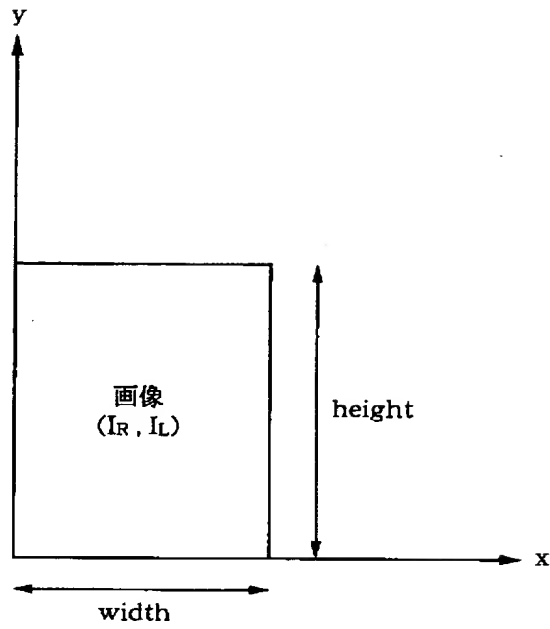
【図 1 4】



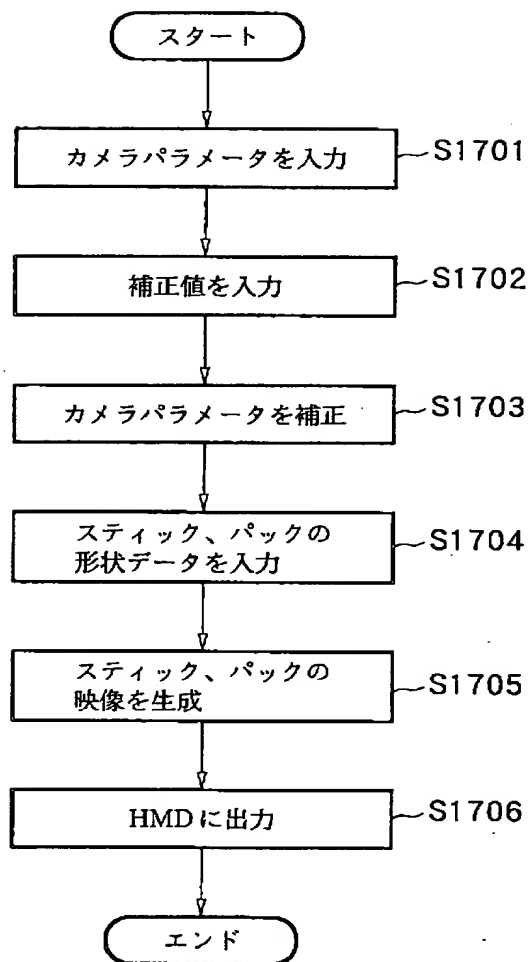
【図 1 5】



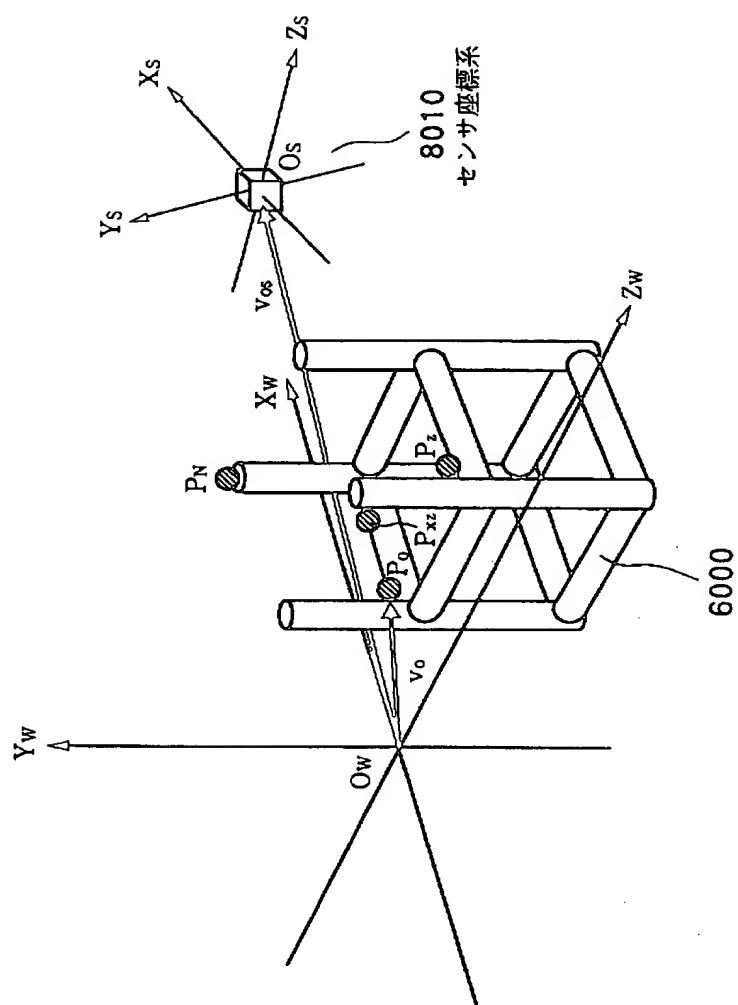
【図 1 6】



【図 1 7】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 撮像装置により撮像された映像と、この撮像装置の位置姿勢に基づいて生成される映像との位置ずれを補正すること。

【解決手段】 磁気センサ 2 2 0 L と位置姿勢計測部 5 0 0 0 とによってプレーヤの視点位置及び頭部姿勢を検出し、この検出結果に基づいて補正処理部 5 0 4 0 L でセンサ座標系から現実空間座標への変換行列を生成し、複数点における磁気センサ 2 2 0 L の現実空間座標系での位置と姿勢（カメラパラメータ）を推定し、メモリ 5 0 4 5 L に格納する。また仮想マーカ位置記憶部 5 0 3 5 L に記憶されている仮想マーカ位置と上述のカメラパラメータを元に表示される仮想マーカ映像と、撮影部 2 4 0 L により撮影されたマーカ 1 6 0 0 の映像との表示部 2 1 0 L における位置ずれを補正する。

【選択図】 図 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 3 9 7 0 2 4 2 2 5 ]

1. 変更年月日	1 9 9 7 年 5 月 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県横浜市西区花咲町 6 丁目 1 4 5 番地
氏 名	株式会社エム・アール・システム研究所